TSV を用いた SCM/NAND 型フラッシュメモリのハイブリッド SSD における SCM の仕様の評価

Evaluation of SCM Specifications in SCM/NAND Flash Hybrid SSD with Through-Silicon Via

°鈴木 敦也、杉山 佑輔、松井 千尋、竹内 健 （中大理工）
°Atsuya Suzuki, Yusuke Sugiyama, Chihiro Matsui, and Ken Takeuchi
E-mail:atsuya.suzuki@takeuchi-lab.org

1. はじめに

近年、NAND フラッシュを用いた SSD は HDD と比べ高速であり PC やデータセンタなどで使用されている。ストレージ・クラス・メモリ(SCM)は NAND フラッシュよりも高性能かつ低消費電力であり、PRAM(相変化メモリ)や ReRAM(抵抗変化型メモリ)などがある。SCM と NAND フラッシュを組み合わせ TSV を使った三次元ハイブリッド SSD が提案されており、TSV により消費電力を軽減することができる[1]。本論文では SCM の read/write レイテンシや容量、I/O 周波数といった SCM の特性を変化させ、性能や消費電力について実際のデータアクセスパターンを用いて評価を行う。

2. TSV による SCM/NAND フラッシュの電力削減

TSV とは積層したチップ垂直方向に貫く貫通電のことであり、I/O ピンの容量を小さくし、消費電力を減らすことができる。TSV が削減することができるのは I/O 電力のみである。

3. SCM の特性による評価

TSV を用いたハイブリッド SSD の SCM 容量ごとの消費電力を図 1 に示す。SCM capacity ratio(SCM 容量)はハイブリッド SSD 全体における SCM の容量の割合を示す。NAND フラッシュは TSV の効果が大きく、NAND フラッシュへのアクセスが多い SCM 容量 1%では消費電力は 38%軽減できる。SCM 容量ごとの SCM/NAND フラッシュの消費電力の割合の変化を図 2 に示す。SCM の容量が大きくなると NAND の I/O が減り、SCM の I/O が増える。SCM の I/O についてはハイブリッド SSD 消費電力への影響は小さいため、SCM 容量が小さいと TSV による電力削減率が高い。

次に SCM のレイテンシと I/O 周波数を変化させた際の SCM 容量 1%と 10%の IOPS(Input output per second)を図 3 に示す。SCM 容量 10%は SCM へのアクセスの影響を受けやすく、レイテンシ、I/O 周波数による IOPS の差が大きい。I/O 周波数が 8532MHz、SCM 容量 10%では IOPS に 3.3 倍の差が生じた。

SCM のレイテンシ、I/O 周波数を変化させたときの SCM 容量 1%と 10%の消費電力の変化を図 4 に示す。どの周波数においても消費電力の割合は変わらず、I/O 周波数の影響は小さい。

4. まとめ

本論文では TSV を用いた三次元ハイブリッド SSD の性能分析を行った。TSV により SCM 容量 1%では消費電力を 38%、SCM 容量 10%のときは 32%軽減できる。これは、SCM 容量 1%のときに NAND フラッシュの I/O が多いためである。よって、TSV は SCM 容量が小さいときに消費電力を大きく削減できる。

参考文献

[1] H. Fujii et al., VLSI Circuits, June 2012, pp. 134-135.
[2] S. Okamoto et al., IMW, May 2015, pp. 157-160
[3] T. Yamada et al., ICEP, April 2017, pp. 268-271

謝辞

本研究の一部は NEDO の助成によって行われた。
山田知明氏の協力に深謝します。

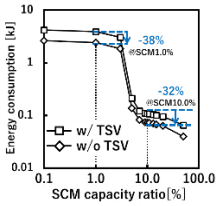


図 1 TSV による SCM/NAND フラッシュの消費電力の変化[3]

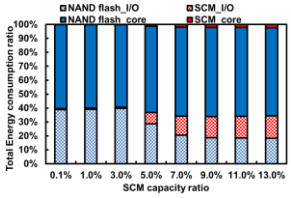
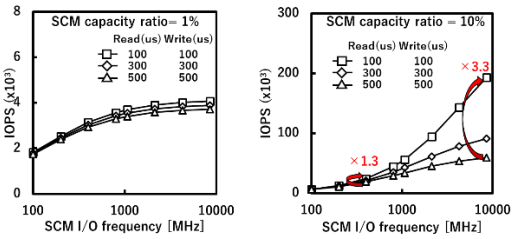
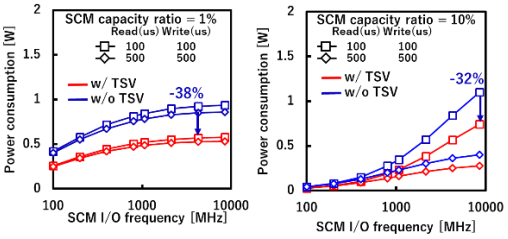


図 2 SCM 容量ごとの SCM/NAND フラッシュの電力割合の変化[3]



(b) SCM 容量 1%　　(a) SCM 容量 10%

図 3 SCM のレイテンシ、I/O 周波数による IOPS の変化[3]



(a) SCM 容量 1%　　(b) SCM 容量 10%

図 4 TSV を用いた時の SCM/NAND フラッシュハイブリッド SSD の消費電力[3]